

上海市浦业路一期道路工程市政综合管廊跨姚家浜顶管施工技术

向波

中国上海外经(集团)有限公司 上海 200030

摘要: 市政综合管廊是建设“管廊城市”的主要工具,作用巨大。管廊施工方式多样:明挖法、暗挖法、盾构法、顶管法等,随着我国装备制造业的高速发展,以后越来越多的施工手段和工法将得到逐步应用。文章通过上海市浦业路一期道路工程市政综合管廊跨姚家浜顶管施工的实践,就大尺寸矩形顶管在市政综合管廊施工中的应用进行了技术总结,冀望为市政工程施工、技术和管理人员提供有益参考。

关键词: 市政综合管廊;大尺寸;矩形;顶管;施工

Construction technology of pipe jacking for municipal comprehensive pipe gallery crossing Yaojiabang in Phase I of Shanghai Puye Road project

Xiang Bo

China Shanghai Foreign Economic (Group) Co. LTD, Shanghai, 200030

Abstract: Municipal comprehensive pipe gallery is the main tool in the construction of "pipe gallery city" and plays a great role. There are various construction methods of pipe gallery: open excavation method, underground excavation method, shield tunneling method, pipe jacking method, etc. With the rapid development of China's equipment manufacturing industry, more and more construction means and methods will be gradually applied in the future. This paper, through the practice of pipe jacking for municipal comprehensive pipe gallery crossing Yaojiabang in Phase I of Shanghai Puye Road project, summarizes the application of large size rectangular pipe jacking in the construction of municipal comprehensive pipe gallery, and hopes to provide useful reference for the construction, technical and management personnel of municipal engineering.

Keywords: Municipal comprehensive pipe gallery; Large-size; Rectangular; Pipe jacking; Construction

引言

市政综合管廊就是在城市地下建造一个隧道空间,将市政电力、通信、燃气、给排水等各种管线集于一体,实施统一规划、统一设计、统一建设和统一管理,以做到地下空间的综合利用和资源的共享。市政综合管廊建设作用巨大:可避免对交通和居民出行造成的影响和干扰;可降低施工费用和维修费用;便于各种管线的敷设、增减、维修和日常管理;可有效利用道路下的空间,节约城市用地;可优美城市的景观;可减少架空线与绿化的矛盾。

市政综合管廊施工通常分为以下几种:明挖现浇法、明挖预制法、浅埋暗挖法、盾构法、顶管法等^②。目前世界上最大尺寸的矩形盾构顶管机宽 11.29 米、高 13.55 米,由两台设备上下组合而成,是为深圳地铁集团在深圳沙三站项目量身打造的^①。

1 工程概况

浦业路是上海市南部一条重要的南北向道路,同时也是

奉浦快线(二期)工程和上海市规划的衡芜路~浦业路~耀龙路主干性综合管廊的重要载体。浦业路为双向6车道的城市主干道,市政综合管廊是其重要的附属设施。

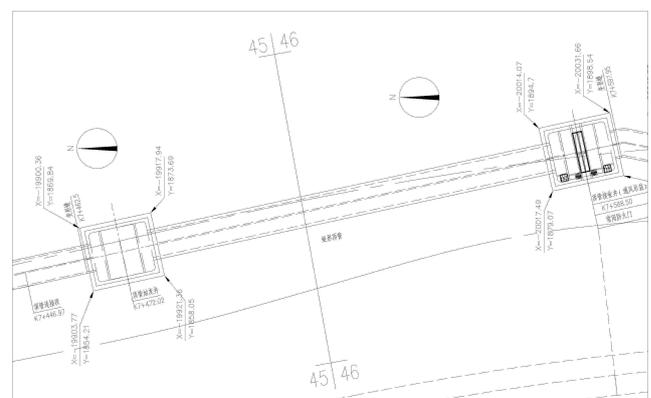


图1 顶管平面图

综合管廊为四舱断面，布置在道路西侧机非分隔带及人行道下方，标准断面管廊截面宽 7.5m，高 6.9m，舱内净高 2.7m（呈田字形四舱分布），埋深约3m，部分过河及穿越道路区域采用倒虹结构局部落深，穿越姚家浜段采用顶管法施工。顶管长度为102m。顶管管顶最大埋深9.6m，最小埋深4.5m，预制管节截面尺寸为7.4m×6.8m，长1.5米，共68节，其中65节标准节，3节工具管，顶管掘进土层位于④1层淤泥质粘土，根据现场地形交通条件，选择北侧为始发工作井，南侧为接收井。顶管平面位置如图1所示，顶管管节尺寸如图2所示。

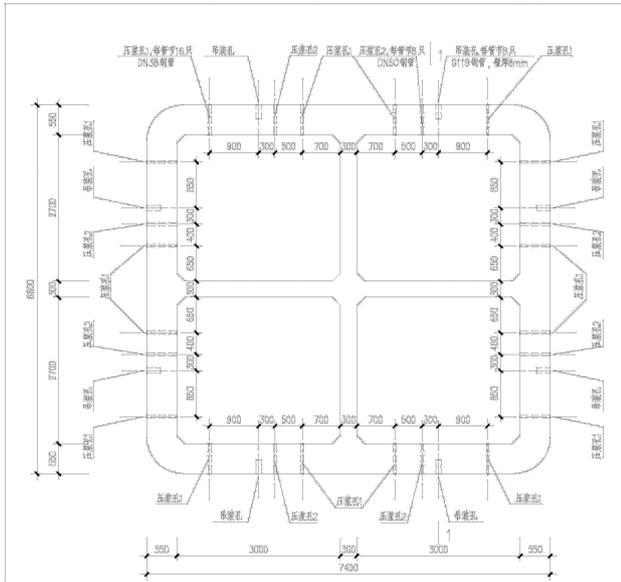


图2 预制管段立面图

2 施工准备

场地准备：在始发井和接收井施工场地周围按规范设置围挡，在场内进行合理规划、布置，确定场内运输通道、堆场、加工场、其它临时建筑和设施、防排水设施等位置后，平整硬化场地，以达到吊装、加工、转运、存储等各项要求。接通并合理排布施工所需临时用水、临时用电线路。

机械、物资准备：合理安排施工所需工程机械台班，如吊车、搅拌桩机、旋喷桩机、地下连续墙成槽机、钢筋加工机具、平板车、渣土车等；就近选定施工所需各标号商用混凝土、钢筋及连接件、预制管段等物资材料，确保其指标符合三、规范与设计的要求。

技术准备：编制顶管施工专项方案，该方案中两个工作井开挖支撑、钢筋笼和顶管机头吊装及顶管施工均属于超过一定规模的危大工程，专项施工方案需在施工前通过专家评审^③，评定后的专项施工方案需认真执行“三级交底”制度，以使各层级管理和施工人员能严格遵照方案施工。

3 顶管施工方法

3.1 顶管施工工艺流程

顶管施工工艺流程图如下：

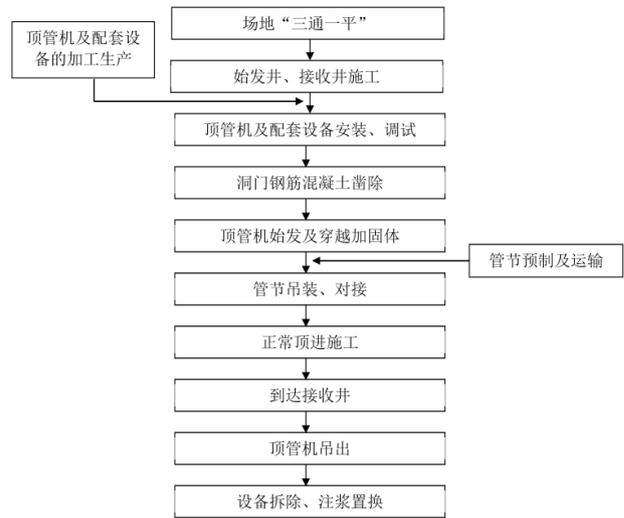


图3 顶管施工工艺流程图

3.2 工作井施工

工作井外框尺寸为18X16m，深19.4m，地连墙厚度1m，开挖施工时设5道支撑，其中第一道为钢筋混凝土支撑，二~五道采用钢围檩加预应力钢管支撑。工作井围护结构如图4所示：

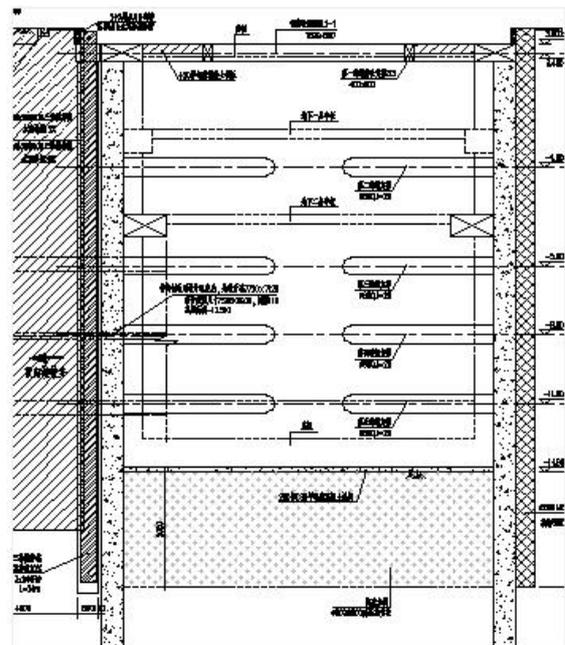


图4 工作井围护结构图

始发井和接收井均可依序施工：整平场地，施工围护，先施工三轴搅拌桩并插H型钢，后施工地连墙和坑底加固（间隔时间不应超过7天），待地连墙达到设计强度后施工MJS功法旋喷桩接缝加固；围护及加固体达到设计强度后，开槽施工混凝土冠梁和支撑、顶板；待冠梁和支撑、顶板达到设计强度后，依次开挖至第二~五道支撑底，及时安装钢支撑并施加预应力；验收基坑，施工基底垫层及底板结构，底板处泄压井必须待结构全部施工完成并达到设计强度且顶板覆土后方可封堵，施工侧墙；底板达到设计强度后，拆除

第五道支撑, 施工顶管井内衬结构至地下二层中板; 地下二层中板达到强度后, 拆除第二道钢支撑, 施工内衬结构至地下一层中板; 地下一层中板达到设计强度后, 拆除第三、四道支撑, 施工内衬结构至顶板。工作井混凝土结构达到强度后, 即可开始顶管施工。

3.3 顶管施工

(1) 顶力计算

参照“顶管工程施工规程”DG/TJ08-2049-2016第7.4.1-1条, 总顶力可按式估算:

$$F = F_1 + F_2$$

式中: F —总顶力(kN); F_1 —管道与土层的摩阻力(kN); $F_1 = C * L * f$; F_2 —顶管机的迎面阻力(kN); $F_2 = S * R_1$;

C —管道外周长(m); $2 * (7.4 + 6.8) = 24.8$; L —管道顶进长度(m), 102m; f —管道外壁与土的平均摩阻力(kPa), 淤泥质粘土宜取3~5; R_1 —顶管机下部1/3处被动土压力, $R_1 = \gamma H \tan^2(45^\circ + \phi/2)$; γ —土的天然重度, 取16.8 KN/m³; H —管顶土层厚度, 顶管机下部1/3处距地面距离, 取9.62m+6.8*2/3 = 14.15m; ϕ —粘土内摩擦角, 取15~28。

计算出顶管机出洞始发阶段为机头切削加固区所需顶力为: $F = 50 \text{t/m}^2 * 7.4 * 6.8 \text{m}^2 = 2500 \text{t}$ 。

顶管机正常顶进阶段迎面阻力: $F_2 = S * R_1 = 7.4 * 6.8 * 16.8 * 14.15 * \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 4980 \text{(KN)}$; 管道与土层摩阻力: $F_1 = C * L * f = 5 * (7.4 + 6.8) * 2 * 102 = 14484 \text{(KN)}$; 则顶力 $F = F_1 + F_2 = 4980 + 14484 = 19464 \text{ KN}$, 约2000t。

顶管机进洞接收阶段所需顶力为机头摩切加固区所需顶力与克服管节摩阻力之和。则 $F = 2500 \text{t} + 1448 \text{t} = 3948 \text{t}$ 。

因此, 采用18根300吨液压千斤顶对称布置, 可以满足本工程顶管顶力需求。同时, 应根据试顶进时取得的经验参数并结合顶管机所在位置的埋深、土层状况及地表监测结果进行动态调整与控制。

(2) 顶管机选型

在深入研究工程勘察报告、设计图纸、隧道施工条件、环境条件和现场调查情况的基础上, 参考国内外已有顶管工程实例及相关的顶管技术规范, 结合多年来上海地区施工中积累的经验, 按照安全性、可靠性、适用性、先进性、经济性相统一的原则进行顶管机及其它设备的选型。

土压平衡顶管机的适应性较大, 能用于粘结性、非粘结性、有水或无水、软土或软岩、砾砂或粉细砂、中砂、粗砂等多种复杂的地层, 施工速度较高, 能有效控制地表沉降。本工程确定选用辐条式土压平衡顶管机, 特制7400×6800矩形顶管机, 顶管机机头共布置8个刀盘, 2个大刀盘直径3400mm, 6个小刀盘直径2500mm, 刀盘前后错开布置, 4刀盘前置, 4刀盘后置。大刀盘配置18把贝壳刀及若干把单刃边刀, 每个小刀盘配置12把贝壳刀及若干把单刃边刀。大刀盘采用4台30kw电动机驱动, 小刀盘采用3台30kw电动机驱动。推进机构选择18根最大行程2550mm的液压千斤顶。顶管机结构示意图如图5所示:

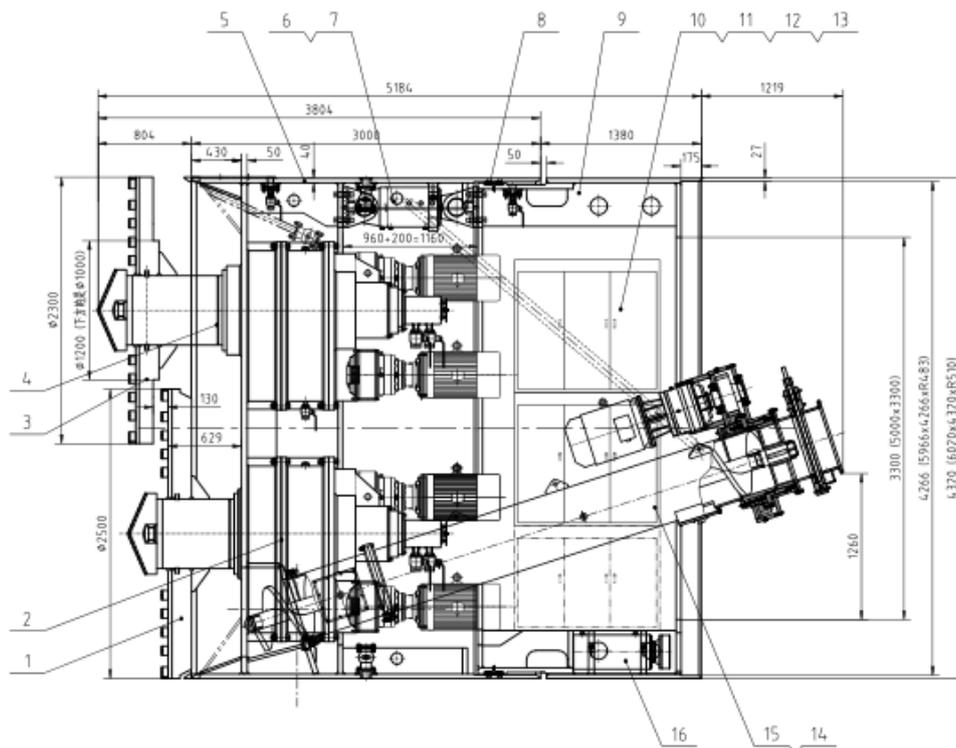


图5 顶管机结构示意图

- 1、3—刀盘; 2、4—动力系统; 5—前壳体; 6、7—纠偏油缸; 8—止水圈;
9—后壳体; 10、11、12、13—电器柜; 14、15—螺旋输送机

(3) 设备安装

配备一台300T吊机,测量定位后顺次吊放安装基座、导轨、后靠背、顶管机,安装用电线路、出土管线、注浆管线、照明通风线路,在正式开顶之前应对设备进行试车并调试,确认各系统工作正常。

(4) 顶进施工

顶进过程分为三个阶段,即初始顶进阶段,亦称出洞施工;正常顶进阶段;顶管接收阶段,亦称为进洞施工。出洞、进洞施工阶段指距离洞口土体加固段3环左右的距离,长度约10m。

出洞施工时,先测量定位,人工分层凿除洞圈止水装置范围内的围护结构钢筋混凝土,安装密封止水装置,顶管机迅速靠上开挖面进行加压顶进,尽量缩短开挖面暴露的时间。顶进过程中需加强监测,及时分析、反馈监测数据,动态地调整顶管机顶进参数。初始阶段顶进速度不宜过快,一般控制在5~10mm/min左右为宜。

正常顶进阶段则控制在10~20mm/min。完成一个顶程后,顶头和液压千斤顶活塞杆收回,吊装预制管节,安装管节间防水和衬垫,进行下一个加压顶进工作循环。

4 结束语

得益于我国装备制造水平的日益提升,为项目量身定制顶管机具也越来越快捷方便,这使得我国在地下顶进施工领域的技术飞速发展,各种长距离、大尺寸、曲线、异形顶进施工技术层出不穷,就目前而言,世界上尺寸最大、顶进长度最长等施工记录均由国内项目创造,这大大提升了我国的基建水平和国际名声。我国正大力提倡“管廊城市”建设,通过对浦业路一期工程姚家浜顶管施工的探讨,对大尺寸矩形顶管在市政综合管廊施工中的技术和经验进行总结,冀望为市政施工单位和技术及管理人员提供有益参考。

参考文献

- [1]苗现国,苗雷强,陈叶,等.顶管法综合管廊结构设计及计算研究[J].安徽建筑,2016,23(4):125-126.
- [2]王雪,王城虎.国内外顶管施工技术对比分析[J].施工技术,2017,12(46):1018-1023.
- [3]张晋勋.城市地下管廊结构施工技术与创新[M].北京:中国电力出版社,2017.
- [4]石国雄.市政道路综合管廊工程基坑回填施工技术[J].运输经理世界,2020(17):2.